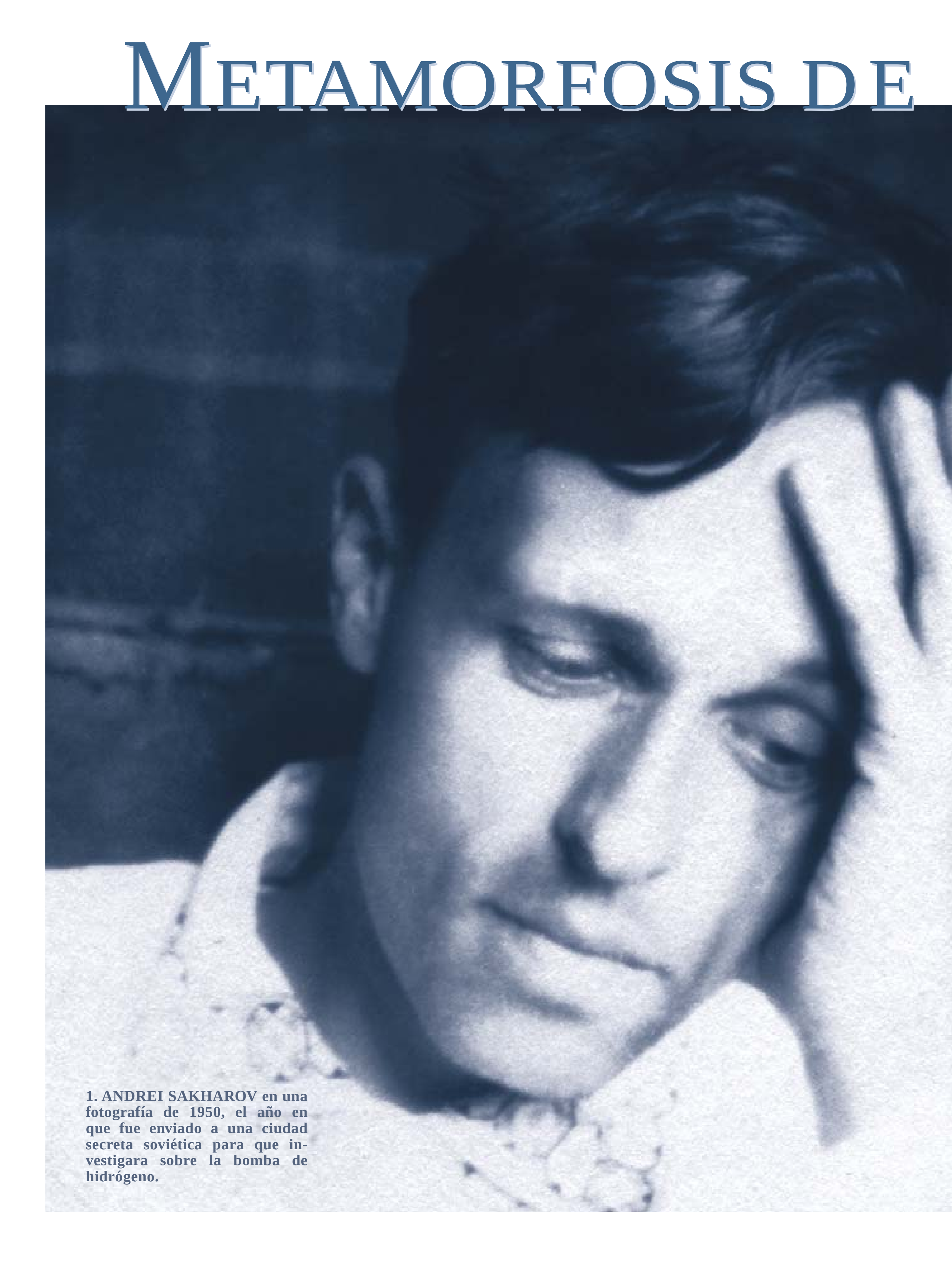
METAMORFOSIS DE



1. ANDREI SAKHAROV en una fotografía de 1950, el año en que fue enviado a una ciudad secreta soviética para que investigara sobre la bomba de hidrógeno.



ANDREI SAKHAROV



El inventor de la bomba de hidrógeno soviética se convirtió en defensor de la paz y los derechos humanos. ¿Qué le indujo a semejante cambio?

Gennady Gorelik

"La nube se tornó gris y se elevó en violento torbellino entre destellos anaranjados... La onda expansiva alcanzó mis oídos y me sacudió con fuerza; luego se oyó un rumor sordo y ominoso, que se desvaneció en unos treinta segundos... La nube, que velaba medio cielo, era de un siniestro azul oscuro."

Era el 12 de agosto de 1953 y Andrei Sakharov acababa de crear la bomba de hidrógeno soviética. Se puso un mono de trabajo y, acompañado de autoridades, se dirigió al lugar de la explosión. Su automóvil se detuvo junto a un águila con las alas quemadas, en un vano intento de levantar vuelo. Sakharov escribiría en sus memorias: "Me han dicho que en cada prueba las aves caen abatidas por miles. Se echan a volar al oír la explosión, pero luego se desploman, chamuscadas y ciegas."

Las víctimas inocentes de las pruebas nucleares llegaron a preocuparle, a obsesionarle incluso. Mientras diseñaba bombas cada vez más eficaces, no dejaba de pensar en las vidas humanas que se cobraría cada explosión. Sus infructuosos intentos por evitar pruebas superfluas le hicieron darse cuenta de que no tenía control alguno sobre las armas que había creado.

Ha corrido mucha tinta que pretende explicar la transformación del físico atómico en militante defensor de los derechos humanos. A su muerte, en 1989, los archivos estatales rusos desclasificaron documentos de su vida y su obra, hoy guardados en el Archivo Sakharov de Moscú. Junto con los escritos del propio Sakharov esa documentación revela la vinculación directa de la metamorfosis con la participación en proyectos armamentísticos. Durante muchos años, Sakharov creyó que las armas nucleares y termonucleares eran indispensables para mantener el equilibrio militar y evitar la agresión de los Estados Unidos. Su transformación no se debió a la adopción de una nueva moral, sino a la confluencia de su vieja moral de siempre con una dilatada experiencia en armas nucleares y la política de armamentos.

Sakharov nació en 1921 en el seno de una familia de la *intelligentsia* moscovita. Su padre, honrado profesor de física, dejó escritas varias obras de divulgación científica. En 1938, terminada la educación secundaria, Sakharov se matriculó en la Universidad de Moscú. Su débil constitución física le ahorró la movilización al estallar la guerra. Pero en 1942, terminada la carrera con un óptimo expediente, prefirió arrimar el hombro en la logística bélica a continuar estudiando. Se puso a trabajar como ingeniero en la fábrica de munición de Ulyanovsk, donde diseñó un dispositivo magnético para controlar la calidad de las balas.

Conoció en la fábrica a Klavdia Vikhireva, con quien se casó a los 22 años. Durante ese período planteó y resolvió algunos problemas de física sencillos, que su padre hizo llegar a Igor Tamm, jefe de fila en el Instituto de Física P. N. Lebedev en Moscú. A principios de 1945, Sakharov recibió una invitación oficial para continuar sus estudios en Moscú, bajo la dirección de Tamm.

Cierta mañana de agosto, al leer en el periódico la caída de una bomba atómica sobre Hiroshima, sintió que "su destino y el de muchas otras personas, tal vez la humanidad entera, había cambiado de la noche a la mañana".

LA CIUDADELA ERA UN COMPLEJO MILITAR LEVANTADO POR CONDENADOS JUNTO AL VIEJO MONASTERIO DE SAROV, A UNOS 500 KILÓMETROS DE MOSCÚ.



El antiguo monasterio de Sarov

Sakharov era un teórico fino y un hábil experimentador. Una de sus primeras teorías, aplicable a la detección de submarinos mediante un sonar, trataba de la propagación del sonido en un fluido con burbujas. También estudió la catalización de la fusión nuclear mediante muones, partículas ligeras parecidas al electrón. (Los átomos que contienen muones en lugar de electrones son mucho menores, por lo que no se requiere tanta compresión para fusionarlos.)

Su entusiasmo por la física teórica le llevó a declinar, por dos veces, la propuesta oficial para que se incorporara al programa nuclear. Una explosión atómica supone la fisión de un núcleo pesado, como el uranio 235, en dos partes aproximadamente iguales, con la consiguiente emisión de energía. Pero en 1948 Tamm anunció a Sakharov y otros colaboradores que les habían asignado la investigación de la bomba de hidrógeno. Este tipo de bomba se basa en la fusión de dos núcleos ligeros, como los de deuterio o tritio (isótopos del hidrógeno), y libera más energía que una bomba de fisión.

Yakov Zel'dovich, un físico brillante que dirigía la investigación teórica del programa de armas nucleares, mostró a Tamm un diseño provisional de la bomba de hidrógeno. La fusión exige poner en contacto dos núcleos de carga positiva que se repelen mutuamente, lo que sólo se consigue gracias a la enorme energía generada antes por una reacción de fisión. Se trataba de recurrir a la fisión para cebar la fusión —una reacción termonuclear— en uno de los extremos de un tubo de deuterio, y hacer que la fusión se propagara a lo largo del tubo. Este modelo de "superbomba", concebido por los estadounidenses, era conocido en la URSS desde 1945, probablemente gracias al físico y espía Klaus Fuchs.

Pese a su escasa experiencia, Sakharov propuso un diseño distinto, la *sloika* o "bollo laminado": una configuración esférica con una bomba atómica en el centro, rodeada de capas alternas de deuterio y elementos pesados, como el uranio natural. Los electrones liberados por la detonación atómica ejercían una presión enorme sobre la capa de deuterio, provocando su fusión. Los físicos soviéticos bautizaron el proceso como "sakharización", literalmente "edulcoración" (*sakhar* significa "azúcar" en ruso), aunque sin olvidar la alusión a su inventor. La fusión emitía a su vez neutrones, que provocaban la fisión de la capa de uranio.

Gracias a esta idea, perfeccionada por Vitaly Ginzburg con la substitución del deuterio por deuteruro de litio, los soviéticos alcanzaron a los americanos. Estos no cayeron en la cuenta, hasta 1950, de que su superbomba era un fiasco. Traspiés que corrigieron muy pronto Stanislaw Ulam y Edward Teller con su nuevo diseño viable. Había nacido la carrera de armamentos.

Aunque Sakharov estaba fascinado por la física de la fusión, el celo que puso en la construcción de la bomba tenía raíces patrióticas. Suscribía las ideas de "equilibrio estratégico" o "disuasión nuclear", como vías para evitar un conflicto nuclear. Sus sentimientos no admiten duda: "La enorme fuerza destructiva, la escala de nuestro proyecto y el precio pagado por un país pobre, hambriento y devastado por la guerra.. todo ello confería un gran dramatismo a la situación y nos daba fuerzas para creer que nuestro sacrificio —que aceptábamos como algo inevitable— no sería en vano. Nos guiaba una verdadera mentalidad de guerra."

Pero rechazó afiliarse al Partido Comunista, consciente de los crímenes que había cometido. No tuvo opción ya cuando, en marzo de 1950, él y Tamm fueron asignados a la ciudad secreta donde vivían los constructores de la bomba. La ciudadela era un complejo militar levantado por condenados junto al viejo monasterio de Sarov, a

GENNADY GORELIK acaba de terminar una biografía de Andrei Sakharov. Doctorado en 1979 por el Instituto de Historia de la Ciencia y de la Técnica de la Academia de Ciencias Rusa, se halla adscrito a la Universidad de Boston.



Arzamas-16

SIN NOMBRE EN EL MAPA, EL RECINTO ESTABA ENTERAMENTE CERCADO CON ALAMBRE DE ESPINO. SUS HABITANTES SE REFERIAN A LA CIUDAD CON NOMBRES EN CLAVE, ARZAMAS-16 UNO DE ELLOS.

unos 500 kilómetros de Moscú. Sin nombre en el mapa, el recinto estaba enteramente cercado con alambre de espino. Sus habitantes se referían a la ciudad con nombres en clave, Arzamas-16 uno de ellos.

Zel'dovich se encontraba ya en Arzamas-16. Aunque los físicos estaban consagrados a perfeccionar el diseño de la bomba, Sakharov halló tiempo para idear un sistema de confinamiento de un plasma (un gas a alta temperatura en que los electrones se han separado del átomo, dejando los núcleos al desnudo). El plasma destruiría cualquier pared material, pero un campo magnético permitiría confinarlo y hasta inducir su fusión. Este principio, la base del reactor tokamak, sigue siendo el más indicado para producir energía por fusión sostenida. ("Tokamak" proviene del término ruso que designa una cámara toroidal con una bobina magnética.)

En noviembre de 1952, los Estados Unidos hacían estallar una bomba termonuclear. En agosto de 1953, los soviéticos estaban listos para someter a ensayo la *sloika*. Sin embargo, en el último minuto Viktor Gavrilov, meteorólogo, advirtió que la nube radiactiva se extendería más allá del lugar de la prueba, afectando las poblaciones vecinas. Nadie había pensado en ello. Con la ayuda de un manual americano sobre los efectos de las pruebas nucleares, los físicos dedujeron cómo se difundiría la nube y se dieron cuenta de que había que evacuar a miles de personas. Las recomendaciones fueron seguidas, pese a que, como un funcionario hizo saber a Sakharov, en esos desplazamientos mueren de 20 a 30 personas.

La prueba de la *sloika* fue un éxito: la energía liberada era 20 veces la de la bomba de Hiroshima. Al cabo de pocos meses Sakharov fue elegido miembro de la Academia de Ciencias Soviética, con 32 años el físico más joven hasta entonces. También se le concedió el Premio Stalin y el título de Héroe del Trabajo Socialista. La cúpula soviética había depositado grandes esperanzas en Sakharov. Joven brillante, no era judío (como Zel'dovich o Ginzburg) y estaba políticamente limpio (lo que no podía decirse de Tamm).

La potencia que podía alcanzar la *sloika*, sin embargo, tenía un límite. Sakharov y Zel'dovich se aprestaron a idear un nuevo diseño. Había que aprovechar la radiación (fotones) generada por una explosión atómica para comprimir un tubo y detonar la fusión en su interior. La potencia de este modelo, parecido al de Ulam y Teller, podía aumentar indefinidamente sin más que aumentar la longitud del tubo.

En Arzamas-16 los físicos gozaban de algunos privilegios. Discutían de política con libertad. Recibían publicaciones occidentales, como el *Bulletin of the Atomic Scientists*, que abordaba la dimensión social de la energía atómica y la influencia política de los científicos del otro lado del Telón de Acero. Leo Szilard, descubridor de la "reacción en cadena" que hace posible las bombas atómicas, criticaba abiertamente la carrera de armamento nuclear. Sakharov conocía también los escritos políticos de Albert Einstein, Niels Bohr y Albert Schweitzer, cuyas opiniones debieron de hacerle mella.

El gobernador de Arzamas informó, en 1955, de que, pese a su excelencia científica, la conducta política de Sakharov no era encomiable. Había rechazado, por ejemplo, su elección como diputado en el Consejo del Pueblo, el cuerpo legislativo de Arzamas. Las cosas tomarían un cariz peor.

En noviembre de 1955 la Unión Soviética probó la bomba de hidrógeno ilimitada. La onda expansiva provocó el hundimiento de una trinchera, matando a un soldado, y derribó un edificio causando la muerte a un bebé. Ambos sucesos le afectaron. Por la noche, en el banquete de celebración, cuando se le pidió que propusiera un brindis, Sakharov dijo: "Espero que todos nuestros artefactos exploten tan bien como el de hoy, pero sólo sobre lugares de prueba y no sobre ciudades." El mariscal Mitrofan Nedelin replicó con una broma obscena, para añadir que los científicos debían limitarse a construir las bombas y dejar que los militares decidieran dónde había

que lanzarlas. Acababan de poner a Sakharov en su sitio.

Conforme se sucedían los ensayos nucleares, iba creciendo en paralelo el remordimiento de Sakharov por las víctimas anónimas de cada prueba. Hasta se enfrascó en libros de genética para calcular cuántas personas, en todo el mundo, se verían afectadas por cáncer y otras mutaciones como consecuencia de las pruebas atómicas.

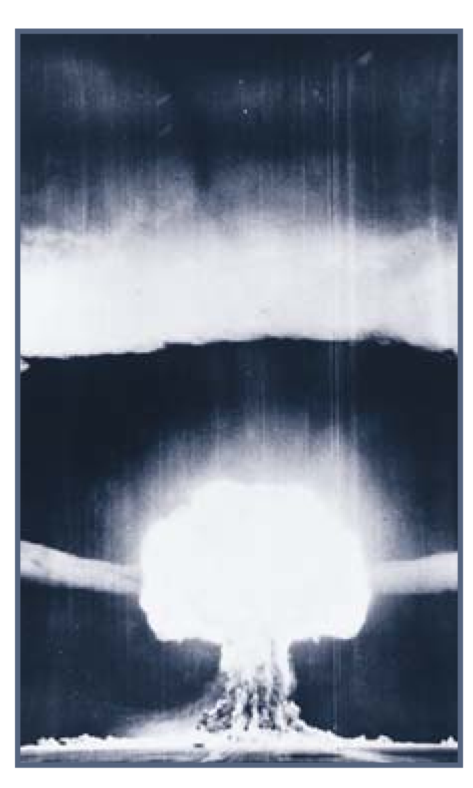
En 1957, la prensa estadounidense anunció el desarrollo de una bomba de fusión "limpia". Apenas usaba material fisionable y no provocaba nube radiactiva. Pero Sakharov calculó que una bomba limpia de un megatón (equivalente a un millón de toneladas de TNT) causaría 6600 muertes en todo el mundo durante 8000 años, debido a la proliferación de carbono 14 radiactivo (producido en el choque de los neutrones de la explosión con el nitrógeno de la atmósfera). Estos resultados, publicados en la revista soviética *Energía atómica*, llevaban a la conclusión según la cual la prueba en la atmósfera de cualquier bomba de hidrógeno, limpia o no, sería perjudicial para las personas.

Nikita S. Khrushev, primer ministro entonces, avalaba la publicación de este artículo. En marzo de 1958 había anunciado por sorpresa el cese unilateral de todas las pruebas nucleares. Pero Sakharov no estaba para maniobras políticas. Sus resultados indicaban que "el sufrimiento y la muerte que ya hay en el mundo se incrementarían en cientos de miles de víctimas, incluyendo a los ciudadanos de países neutrales y a las futuras generaciones". Le preocupaba, asimismo, el que "este crimen sea cometido con total impunidad, ya que es imposible demostrar que la muerte de un individuo es debida a la radiación".

Ese mismo año, Teller publicó *Our Nuclear Future*. En él exponía la opinión mayoritaria de expertos nucleares norteamericanos y soviéticos, en las antípodas de las preocupaciones de Sakharov. Para Teller, la dosis de radiación procedente de una prueba nuclear era una centésima parte de la procedente de la radiación cósmica o los rayos X. Además, la radiación emitida en una explosión de prueba reducía la esperanza de vida en dos días, mientras que un paquete de cigarrillos al día o un trabajo sedentario la reducían 1000 veces más. Teller concluía: "Se dice que no es ético poner en peligro vidas humanas. Pero, ¿no es más realista y acorde con los ideales humanitarios el luchar por una vida mejor para todos?" Pero Sakharov, que no compartía semejante planteamiento, se sentía responsable directo de cuantas bajas se produjeran por ensayos nucleares.

Pruebas atómicas que seguían realizando Estados Unidos y Gran Bretaña. A los seis meses de su moratoria unilateral, Khrushev ordenó reanudarlas también. Preocupado por evitar muertes innecesarias, Sakharov convenció a Igor Kurchatov, director del programa atómico, de que visitara a Khrushev para explicarle que era posible simular las pruebas mediante ordenadores y experimentos controlados. Khrushev rechazó un consejo que recibió a disgusto. Sakharov volvió a intentarlo en 1961. Khrushev le contestó entonces malhumorado que dejara la política para los políticos.

En 1962, Sakharov supo de la inminente prueba de dos bombas de hidrógeno muy parecidas, e hizo todo lo posible por evitar la duplicación. Llamó a todas las puertas, suplicó a Khrushev y enfureció a colegas y superiores, en vano. Al estallar la segunda bomba se inclinó sobre su mesa de trabajo y se echó a llorar.



2. *SLOIKA*, una bomba de hidrógeno basada en un diseño de Sakharov. La fotografía muestra la nube en forma de hongo y la onda de choque de la prueba llevada a cabo en Semipalatinsk (Siberia) en agosto de 1953.

Mas, para su sorpresa, la cuestión apremiante no tardó en resolverse. En 1963 se aceptó su propuesta de prohibir las pruebas más nocivas (las atmosféricas). Ese mismo año se firmó en Moscú el Tratado Restringido de Prohibición de las Pruebas. Sakharov estaba orgulloso de su contribución. Suspendidas las pruebas atmosféricas, no había que preocuparse ya de sus secuelas dañinas.

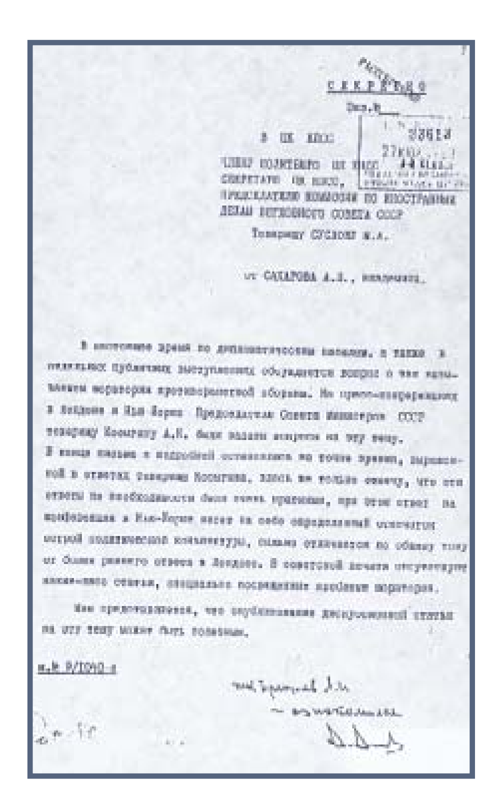
Pero la vertiente moral y política de la carrera armamentística era harina de otro costal. Aunque no se creía elemento imprescindible del programa, Sakharov se daba cuenta de que sólo perteneciendo a él podría seguir influyendo en la estrategia nuclear.

Nunca abandonó por completo a su primer amor, la física teórica, con sus cuestiones abiertas. Por ejemplo, la del exceso de materia sobre antimateria en el universo. En la explicación de las condiciones que llevan a ese desequilibrio reside la principal contribución especulativa de Sakharov.

En 1966 firmó un manifiesto contra la rehabilitación de Stalin. En diciembre del mismo año, y eso resultaba más comprometido, aceptó una invitación anónima para participar en una manifestación silenciosa en favor de los derechos humanos. Tras interceder por los disidentes ante el gobierno, vio drásticamente recortado su salario y perdió una de sus plazas administrativas. Estos hechos propiciaron una relación, que sería decisiva, con la oposición moscovita.

La ideología de Sakharov se radicalizaba por momentos y pugnaba por expresarse. En julio de 1967 envió una carta secreta al gobierno en la que argumentaba que la moratoria sobre misiles antibalísticos propuesta por los Estados Unidos favorecía a la Unión Soviética, pues una tal carrera de armamentos haría muy probable la guerra nuclear. Este memorándum de nueve páginas, con dos apéndices técnicos, se conserva en el Archivo Sakharov. En la carta se pedía también permiso para publicar en un periódico soviético un manuscrito adjunto de 10 páginas, con el fin de "ayudar a los científicos americanos a controlar a sus halcones". El artículo muestra que Sakharov se consideraba aún un experto comprometido con "los intereses esenciales de la política soviética".

La denegación del permiso le confirmó, una vez más, que el poder no sabía a qué peligro se exponía la humanidad.



3. CARTA DE SAKHAROV a su gobierno (sólo se muestra la primera página) solicitando autorización para alertar en la prensa sobre el peligro de los sistemas antimisiles balísticos. La denegación del permiso llevó a Sakharov a escribir un ensayo radical que consiguió llegar a Occidente.

A principios de 1968 se enfrascó en la redacción de unas "Reflexiones sobre el progreso, la coexistencia pacífica y la libertad intelectual". No hizo nada por ocultar el manuscrito de ese largo ensayo, copiado a hurtadillas por su secretaria y entregado al KGB (la copia, en papel carbón, se halla en los archivos presidenciales en Moscú). El artículo describía el grave peligro de guerra termonuclear y abordaba la contaminación ambiental, la superpoblación y la guerra fría. Sólo la libertad intelectual, y en general los derechos humanos, constituía, aducíase, la única base sólida de la seguridad internacional. Reclamaba la convergencia de socialismo y capitalismo en un sistema que reuniera las ventajas de ambos.

A finales de abril Sakharov hizo llegar su ensayo a la *samizdat*, o prensa clandestina. En junio lo envió a Leónidas I. Brezhnev (que ya lo había ojeado, gracias al KGB). En julio, la BBC hizo público el contenido del ensayo, que apareció en el *New York Times*. Sakharov escuchó con gran satisfacción la emisión de la BBC. La suerte estaba echada.

Se le ordenó que no abandonara Moscú y que no volviera a Arzamas-16, donde había pasado 18 años de su vida. Si no fue inmediatamente expulsado del proyecto nuclear es porque no resulta nada sencillo decidir el destino de un Héroe del Trabajo Socialista que conoce, además, los secretos mejor guardados de la nación. Su mujer murió de cáncer al poco tiempo, dejándole con tres hijos, el menor de los cuales tenía sólo 11 años. Abrumado por el dolor, Sakharov donó todos sus ahorros a un hospital para el cáncer y a la Cruz Roja soviética.

Empezaba para él una nueva vida. Conoció a Elena Bonner, de quien se enamoró. Recibió, en 1975, el premio Nobel de la Paz; sufrió siete años confinado en Gorki y, lo que resulta más increíble, pasó sus últimos siete meses como diputado electo del parlamento soviético.

"Si me siento libre —escribía de sí mismo— es porque me he guiado exclusivamente por mis propios juicios morales y no me siento comprometido con nada." En los años setenta, Vladimir Ritus, compañero suyo, le preguntó por qué había tomado decisiones que le habían puesto en grave peligro. "¿Quién si no?", respondió. No se creía ningún elegido, pero su trabajo en la bomba de hidrógeno le había puesto en la situación única de tener que tomar decisiones. Y se sintió obligado a tomarlas.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

ANDREI DMITRIEVICH SAKHAROV. S. Drell y L. Okun en *Physics Today*, vol. 43 (agosto 1990), págs. 26-36.

ANDREI SAKHAROV: MEMOIRS. Traducido del ruso por Richard Lourie. Alfred A. Knopf, 1990.

SAKHAROV REMEMBERED: A TRIBUTE BY FRIENDS AND COLLEAGUES. Dirigido por Sidney D. Drell y Sergei P. Kapitza. American Institute of Physics, 1991.

NEW LIGHT ON EARLY SOVIET BOMB SECRETS. Número especial de *Physics Today*, vol. 49, núm. 11; noviembre 1996.

ANDREI SAKHAROV: SOVIET PHYSICS, NUCLEAR WEAPONS, AND HUMAN RIGHTS. Exposición en Internet del American Institute of Physics, disponible en la dirección www.aip.org/history/sakharov.

Edición española de SCIENTIFIC AMERICAN

SECCIONES